

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 692 207**

21 Número de solicitud: 201700309

51 Int. Cl.:

F25B 49/02 (2006.01)

F25B 31/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

29.03.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

30.11.2018

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2018/070274

71 Solicitantes:

AVILA CHILLIDA, Vicente (100.0%)

Trafalgar, 41

46023 Valencia ES

72 Inventor/es:

AVILA CHILLIDA, Vicente

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **Procedimiento de regulación de compresores inverter en instalaciones de refrigeración**

57 Resumen:

Procedimiento de regulación de un compresor inverter de un sistema de refrigeración que comprende las siguientes etapas:

- establecer una zona de trabajo mediante unos valores límite de temperaturas de evaporación, temperaturas de condensación, velocidades del compresor, relación de compresión máxima y recalentamiento máximo,
- medir los valores de trabajo del compresor en cuanto a temperatura de evaporación, temperatura de condensación y relación de compresión.

Si el compresor trabaja fuera de la zona de trabajo establecida, el procedimiento comprende la etapa adicional de proceder a modificar los parámetros de trabajo del compresor actuando sobre elementos a seleccionar entre la velocidad del compresor, el grado de apertura de la válvula de expansión y una combinación de las anteriores. Si el compresor no vuelve a la zona de trabajo en un tiempo determinado, se detiene y se activa una alarma.

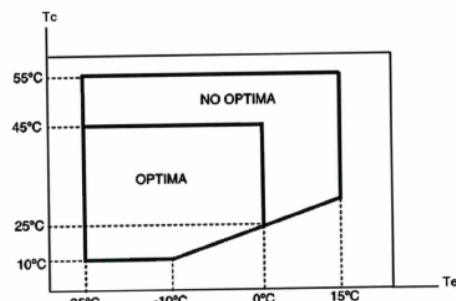


FIG. 3

**PROCEDIMIENTO DE REGULACION DE COMPRESORES INVERTER EN
INSTALACIONES DE REFRIGERACION**

DESCRIPCIÓN

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención, según lo expresa el enunciado de esta memoria descriptiva, consiste en un procedimiento para el control, mediante la regulación del compresor inverter, de una unidad refrigeradora en un equipo de refrigeración, tanto de forma individual, como de la totalidad del sistema.

10

Las mejoras afectan a la gestión de la regulación de la eficiencia y el funcionamiento del compresor inverter de la unidad refrigeradora, a la gestión de la producción de potencia frigorífica y a la gestión de los desescarches de la unidad refrigeradora. Todo ello sin introducir nuevos elementos en el sistema.

15

PROBLEMA TÉCNICO A RESOLVER Y ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En la mayoría de los sistemas de refrigeración industrial existentes, suelen darse dos casos que dividen la tecnología actual.

20

El primero de ellos es un sistema de refrigeración consistente en una unidad central desde la que se realiza todo el ciclo de refrigeración. Estos sistemas disponen de una serie de compresores y condensadores centralizados y del tamaño adecuado para poder generar el volumen de frigorías necesario para alcanzar las condiciones de trabajo en el área especificada.

25

El otro sistema consiste en disponer de una zona centralizada y, en los lugares puntuales en los que se requiere una temperatura determinada, disponer de las unidades refrigeradoras individuales que se precisen. El problema que presenta este modelo es que el líquido refrigerante realiza todo el circuito, provocando pérdidas en el sistema debido a uniones en las comunicaciones.

30

En ambos sistemas, el problema proviene del calor generador en los condensadores, que calientan la misma zona que se pretende refrigerar.

35

El documento ES2538306 se refiere a un sistema de refrigeración industrial compuesto por varias unidades refrigeradoras independientes enfocadas tanto a la conservación como a la congelación, en el que cada unidad refrigeradora va instalada en un mueble aislado térmica y acústicamente, y el sistema de refrigeración comprende una única unidad de disipación de calor conectada por una tubería mediante anillo de agua del que salen derivaciones a cada una de las unidades refrigeradoras, y estando cada una de las unidades refrigeradoras y la unidad de disipación de calor dotados de equipos electrónicos de control individuales.

Las unidades refrigeradoras comprenden dos compresores, de funcionamiento alternativo y nunca simultáneo, para continuar refrigerando aunque un compresor se averíe.

Los equipos electrónicos de control individuales de cada uno de los componentes están conectados entre ellos y están conectados también a una centralita que recibe información del estado de todos los componentes de la instalación y tiene capacidad para detectar avisos y alarmas.

En esta invención, se ha considerado la funcionalidad como principal factor a tener en cuenta, considerando la eficiencia energética en un segundo plano.

El documento ES2558026 se enfoca en gestionar la eficiencia energética de una instalación de refrigeración como la descrita en el documento P201331679 anterior mediante la sustitución de los compresores de cada una de las unidades refrigeradoras por compresores inverter, eliminando la redundancia de compresores en los equipos de refrigeración. En un segundo plano queda la posibilidad de mantener la redundancia de compresores en su variedad inverter como alternativa de diseño válida para situaciones en las que la criticidad del sistema se valora por encima de la eficiencia.

La presente invención va un paso más allá en la gestión de la eficiencia de una unidad refrigeradora con compresor inverter o de todo el sistema mediante la programación de la gestión de control.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención describe un procedimiento de regulación de un compresor inverter de un sistema de refrigeración que comprende una válvula de expansión definido por una temperatura de evaporación T_e , una temperatura de condensación T_c , una velocidad del compresor v_c y una relación de compresión r_c .

El procedimiento comprende las siguientes etapas:

a) establecer una zona de trabajo mediante unos valores predeterminados de:

- unas temperaturas de evaporación T_e mínima y máxima,
- unas temperaturas de condensación T_c mínima y máxima,
- una velocidad del compresor v_c mínima y máxima,
- una relación de compresión r_c máxima que define la relación entre una temperatura de evaporación T_e y una temperatura de condensación T_c determinadas,
- un valor de recalentamiento máximo,

b) medir los valores de trabajo del compresor en cuanto a:

- la temperatura de evaporación T_e ,
- la temperatura de condensación T_c , y
- la relación de compresión r_c ,

donde,

si el compresor se encuentra trabajando en valores fuera de la zona de trabajo establecida, el procedimiento comprende la etapa adicional de:

c) proceder a modificar los parámetros de trabajo del compresor actuando sobre elementos a seleccionar entre:

- la velocidad del compresor v_c ,
- el grado de apertura de la válvula de expansión,
- una combinación de las anteriores.

de forma que, si el compresor no vuelve a estar trabajando en valores dentro de la zona de trabajo establecida en un tiempo determinado, el compresor se detiene y se activa una alarma.

Considerando este el procedimiento general, puede haber una serie de variaciones y de alternativas, según se indica a continuación.

En el caso en que la temperatura de condensación T_c de trabajo del compresor es superior a la temperatura de condensación T_c máxima establecida, la etapa c) consiste en proceder a bajar la velocidad del compresor v_c hasta el mínimo establecido. Si además, persiste la situación en la que la temperatura de condensación T_c de trabajo del compresor es superior a la temperatura de condensación T_c máxima establecida, el procedimiento comprende la siguiente etapa adicional:

d) abrir la válvula de expansión hasta alcanzar el valor de recalentamiento máximo predeterminado.

Alternativamente, si la temperatura de condensación T_c de trabajo del compresor es inferior a la temperatura de condensación T_c mínima establecida, la etapa c) consiste en proceder a cerrar la válvula de expansión.

Alternativamente, si la temperatura de evaporación T_e de trabajo del compresor es inferior a la temperatura de evaporación T_e mínima establecida, la etapa c) consiste en proceder a aumentar la velocidad del compresor v_c hasta el máximo establecido. Si además, persiste la situación en la que la temperatura de evaporación T_e de trabajo del compresor es inferior a la temperatura de evaporación T_e mínima establecida, el procedimiento general comprende la siguiente etapa adicional:

d) abrir la válvula de expansión hasta alcanzar el valor de recalentamiento máximo predeterminado.

Alternativamente, si la temperatura de evaporación T_e de trabajo del compresor es superior a la temperatura de evaporación T_e máxima establecida, la etapa c) consiste en proceder a bajar la velocidad del compresor v_c hasta el mínimo establecido.

Alternativamente, si la relación de compresión r_c de trabajo del compresor es inferior a la relación de compresión r_c mínima establecida, la etapa c) consiste en proceder a bajar la velocidad del compresor v_c hasta el mínimo establecido.

25 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para completar la invención que se está describiendo y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización de la misma, se acompaña un conjunto de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se han representado las siguientes figuras:

30

-La figura 1 representa un esquema frigorífico e hidráulico de una unidad refrigeradora.

-La figura 2 representa un esquema frigorífico e hidráulico del sistema de refrigeración.

35 -La figura 3 representa un gráfico Temperatura de evaporación – Temperatura de condensación mostrando las zonas óptima y no óptima de trabajo de un compresor.

- La figura 4 representa el gráfico de la figura 3 mostrando las zonas peligrosas de trabajo para un compresor.
- La figura 3 representa un gráfico Temperatura de evaporación – Temperatura de condensación mostrando las zonas óptima y no óptima de trabajo de un compresor.
- 5 - La figura 5 representa un gráfico Presión de descarga frente a la velocidad del compresor y la potencia del compresor, que están directamente relacionadas.
- La figura 6 representa un gráfico de la temperatura del producto en función de la velocidad del compresor.
- La figura 7 representa el gráfico de la figura 5 aplicado a varios espacios a refrigerar
- 10 por un mismo compresor.

A continuación se facilita un listado de las referencias empleadas en las figuras:

- 1. Evaporador.
- 2. Ventilador.
- 15 3. Válvula de expansión.
- 4. Unidad refrigeradora.
- 5. Anillo de agua.
- 6. Disipador.
- 7. Compresor.
- 20 8. Intercambiador de calor.
- 15. Válvulas de presión.
- 16. Sonda presión aspiración.
- 17. Sonda temperatura aspiración.
- 18. Depósito de refrigerante.
- 25 19. Sonda temperatura líquido.
- 20. Intercambiador de calor gas/líquido.
- 21. Sondas temperatura agua.
- 22. Recuperador de aceite.
- 23. Sonda presión de descarga.
- 30 24. Sonda temperatura de descarga
- 25. Capilar enfriador de líquido.
- 26. Recipiente de aspiración.

DESCRIPCIÓN DE UNA REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

- 35 En una forma de realización preferida, según se representa en la figura 2, el sistema está compuesto principalmente por un anillo de agua (5) conectado a un disipador de calor (6).

Del anillo de agua (5) salen derivaciones a los intercambiadores de calor (8) de los condensadores de las diferentes unidades refrigeradoras (4) que componen los respectivos equipos de refrigeración del sistema, donde el agua recibe el calor del refrigerante del sistema. Por el lado del refrigerante, las unidades refrigeradoras (4) están conectadas a los evaporadores (1) a través de las válvulas de expansión (3).

Como refrigerante, el sistema puede utilizar cualquiera de los conocidos en el estado de la técnica como, por ejemplo, HFC, amoníaco, propano, o incluso CO₂.

En la figura 2 se puede ver como el agua, procedente del anillo cerrado (5), entra y sale del intercambiador de calor (8) de cada una de las unidades refrigeradoras (4) controlado por sendas sondas de temperatura de agua (21), según se representa en la figura 1.

La figura 1 representa el esquema frigorífico de una unidad refrigeradora (4) empleando un compresor inverter (7). Los compresores inverter (7) no dejan de funcionar a medida que se alcanzan las temperaturas de consigna objetivo del espacio a refrigerar, como ocurre con los compresores tradicionales, sino que un variador de frecuencia que incorporan se encarga de ir disminuyendo la velocidad del compresor (7) a medida que se va alcanzando la temperatura de consigna, de forma que su funcionamiento se enfoca en el mantenimiento de esta temperatura de consigna adaptando la potencia de refrigeración entregada según se necesite en cada momento. Al no existir arranques y paradas, el compresor inverter (7) no sufre tanto y no es necesaria la incorporación de un sistema redundante para la prevención de averías, pudiendo el sistema enfocarse en la eficiencia energética.

Se debe aclarar que, por razones de simplicidad, a lo largo de la memoria descriptiva, al hacer referencia a un compresor, se debe entender que es un compresor inverter (7).

De esta forma, se puede ver en esta figura como el refrigerante, procedente del evaporador (1) y tras pasar por una sonda de aspiración de presión (16) y por otra de temperatura (17), llega al intercambiador de calor gas/líquido (20) para dirigirse al compresor (7) y continuar para entrar en el intercambiador de calor (8). Al igual que al salir del evaporador (1), a la salida del compresor (7) el refrigerante pasa por una sonda de descarga de presión (23) y por otra sonda de temperatura (24).

A la salida del compresor (7) el refrigerante atraviesa un recuperador de aceite (22) que se encarga de recoger parte del aceite incorporado en el refrigerante y llevarlo a un capilar enfriador de líquido (25) en el que se condensa.

- 5 Posteriormente el refrigerante sale del intercambiador de calor (8) tras haber cedido el calor al agua del anillo (5) para dirigirse a la válvula de expansión (3) y al evaporador (1), ambos ya representados en la figura 2.

- 10 Antes de acceder a la válvula de expansión (3), el refrigerante atraviesa un intercambiador de calor gas/líquido (20), incorporado con el objetivo de aportar una mayor eficiencia al sistema.

- 15 En el circuito del refrigerante existe un depósito de refrigerante (18) de forma que el circuito esté sobreabastecido y del que se absorbe refrigerante según las cantidades necesarias.

- Haciendo referencia al funcionamiento del circuito, se puede ver que es de la forma que se indica a continuación.

- 20 Cuando se realiza el arranque, el compresor (7) eleva la presión y la temperatura del refrigerante en fase gaseosa, enviándolo al intercambiador de calor (8) del condensador.

En el intercambiador de calor (8), el refrigerante se condensa cediendo energía al agua, reduciendo su temperatura sensible y entalpía pero manteniendo la presión constante.

- 25 El refrigerante sale en fase líquida del intercambiador de calor (8) del condensador a temperatura de condensación situada entre 35° y 50°, enviándose al evaporador (1) a través de la válvula de expansión (3).

- 30 En el proceso de expansión, el refrigerante líquido reduce su presión hasta alcanzar una temperatura de evaporación determinada que es variable en función del tipo de producto a refrigerar.

- 35 En el evaporador (1), el refrigerante líquido se evapora mediante la captación de la energía del producto a refrigerar, saliendo del evaporador (1) en fase gaseosa.

Cuando el refrigerante en fase gaseosa sale del evaporador (1), vuelve a la aspiración del compresor (7) para repetir el proceso.

5 Este proceso se repite hasta que la temperatura del producto a refrigerar desciende hasta el punto de consigna deseado.

Como mejora de la eficiencia energética, se produce una transferencia de energía en un intercambiador de calor gas/líquido (20) entre el refrigerante en fase líquida a la salida del intercambiador de calor (8) del condensador y el refrigerante en fase gaseosa cuando vuelve
10 del evaporador (1) a la unidad refrigeradora (4) hacia el compresor (7).

El calor disipado en el intercambiador de calor (8) del condensador, proveniente de los productos, es cedido a un volumen de agua que se mantiene en recirculación en un sistema en anillo cerrado (5) por medio de bombas de recirculación de agua que se encuentran
15 ubicadas en el disipador de calor (6).

El sistema va recogiendo toda el agua de las distintas unidades refrigeradoras (4) que se encuentran en marcha, enviándola al anillo de agua (5) por medio de unas bombas de recirculación de agua hasta llegar al disipador de calor (6).

20

Las bombas de recirculación regulan el caudal de agua que mueven, necesario para el funcionamiento del sistema, mediante un variador de frecuencia comandado bien por una sonda de presión diferencial de agua que mantiene constante la diferencia de presión entre la aspiración y la impulsión de la bomba o por la salida modulante que la placa de control de
25 la unidad dispone para la gestión del caudal de agua.

En el disipador de calor (6), el agua pasa por un intercambiador de calor agua-aire, mediante el que se cede el calor captado en las unidades refrigeradoras (4) terminales al aire exterior.

30

Una vez detallado el funcionamiento y la configuración de un sistema de refrigeración con compresor (7), a continuación se detallan las mejoras introducidas en el sistema.

El compresor (7) es el elemento del sistema en el que se realiza la mayor parte del consumo
35 energético. Por lo tanto, su correcta gestión y control garantizarán el máximo ahorro en el consumo de potencia eléctrica del sistema y, por lo tanto, la mayor eficiencia energética.

Mediante la utilización de los compresores (7), según se ha comentado, el consumo se regula directamente mediante variadores de frecuencia, que controlan la velocidad del compresor (7) en función de la demanda.

5

Sin embargo, no solo se trata de alcanzar la temperatura de consigna del espacio a refrigerar, sino que además se debe de proteger ante un funcionamiento fuera de rango que pueda dañar al compresor (7). Por esta razón, no solo se debe mejorar el ajuste del compresor (7) en función de la demanda, sino que también se debe asegurar que el funcionamiento se mantiene dentro del rango adecuado, compaginando ambas funciones.

10

Una de las limitaciones que se le requiere al sistema, en cualquier caso, está basada en la limitación de la velocidad mínima del compresor (7). Esto es debido a que la velocidad influye directamente en una correcta refrigeración del compresor (7), al quedar limitada la circulación de refrigerante. De esta forma, independientemente de la velocidad del compresor (7) requerida por demanda de temperatura, aunque esa demanda sea muy baja, la velocidad mínima del compresor (7) está limitada a un mínimo que no se puede sobrepasar.

15

Este límite inferior de velocidad del compresor (7) viene dado por la posición de trabajo en el gráfico de alta y baja, según se refleja en la figura 3, donde el eje de abscisas representa la temperatura de evaporación y el eje de ordenadas representa la temperatura de condensación.

20

En el gráfico se muestra una zona ÓPTIMA, que es donde se desea que el compresor (7) se encuentre funcionando. Existe también una zona NO ÓPTIMA, donde se debe evitar que el compresor (7) entre a trabajar y que, en caso de hacerlo, sea por un tiempo limitado.

25

Por último, existe en el gráfico una zona recortada, donde el compresor (7) no trabaja. Para comprender esta zona del gráfico, hay que tener en cuenta, en primer lugar, la ley de los gases ideales, aplicada a un volumen constante junto con la definición de la relación de compresión, es decir:

30

$$\frac{(P \times V)}{T} = \text{cte} \rightarrow \frac{P}{T} = \text{cte}$$

$$r_{\text{comp}} = \frac{P(\text{alta})}{P(\text{baja})} = \frac{P(\text{condensación})}{P(\text{evaporación})} \rightarrow r_{\text{comp}} = \frac{T(\text{condensación})}{T(\text{evaporación})}$$

De esta forma, en el gráfico se puede observar que, al aumentar la relación de compresión, el límite inferior de la presión de baja o, lo que es lo mismo, de la temperatura de condensación, se limita al alza.

Esta limitación se debe a que elevados factores de compresión implican un mayor calentamiento del compresor (7), que puede causar daños al compresor (7) y reducir su vida útil, por lo que intentan evitarse.

Además, hay que tener en cuenta que podría darse la situación de tener al compresor (7) trabajando a factores de compresión elevados y, además, a una velocidad de rotación baja, al encontrarse el espacio a refrigerar a una temperatura cercana a la de consigna, lo que redundaría en daños al compresor (7) debido al sobrecalentamiento por la alta relación de compresión, por un lado, y a la falta de refrigeración, debido a la falta de circulación del refrigerante, por otro.

Para evitar este sobrecalentamiento, es fundamental aumentar el volumen de refrigerante en circulación, ya que esta es la única forma de refrigerar el compresor (7) y, sobre todo, no permitir que pueda sobrepasar unos niveles mínimos.

Un control que es importante llevar a cabo está relacionado con que el compresor (7) entre a trabajar fuera de la zona ÓPTIMA indicada en el gráfico, debido a que está funcionando en condiciones de presión, temperatura, velocidad o consumo no deseadas por la falta de rendimiento del sistema y la exposición a daños que pudieran provocar fallos en el compresor (7).

Hay que tener en cuenta que los valores de las temperaturas de condensación y evaporación que delimitan las zonas del gráfico marcadas como ÓPTIMA y NO ÓPTIMA dependen del modelo de compresor (7) en particular y viene especificada por el fabricante.

En cualquier caso, la posición en el gráfico en la que se encuentra trabajando un compresor (7) puede ser debida a la demanda de condiciones por el espacio a refrigerar y verse condicionada por las temperaturas de agua y refrigerante, pero también puede ser debido a un fallo en la unidad refrigeradora (4). Por este motivo, se establece un control para

determinar si esta situación es temporal o si, por el contrario, es duradera, debida a un fallo de la unidad refrigeradora (4).

De esta forma, si el funcionamiento del compresor (7) se posiciona en un área no deseada, se establece un rango de tiempo durante el cual se realizarán acciones encaminadas a posicionar el compresor (7) en el área ÓPTIMA.

En el caso de que transcurra un tiempo predeterminado, durante el cual la unidad ha intentado volver a su área ÓPTIMA de funcionamiento y no ha conseguido salir del área no deseada, el sistema considerara que la unidad refrigeradora (4) está sufriendo un funcionamiento anómalo, parará y emitirá un aviso de alarma.

De esta forma, en función de la posición en la que se encuentre trabajando el compresor (7), en cuanto a desvío de la zona ÓPTIMA de trabajo, se toman unas acciones correctoras determinadas.

Basados en el gráfico de la figura 3, se considera el gráfico de la figura 4, en el que se representan con más precisión las zonas consideradas peligrosas para el funcionamiento del compresor (7), diferenciándolas para determinar el tipo de acción correctora a llevar a cabo en caso de que el compresor (7) entre a funcionar en alguna de ellas.

Así, se describen a continuación el efecto de encontrarse el compresor (7) trabajando en cada una de las zonas marcadas y las acciones correctoras a tomar para evitar situar al compresor (7) trabajando en zonas en las que pueda sufrir daños.

En el gráfico de la figura 4 hay que tener en cuenta que, basado en la ley de los gases ideales para un volumen constante, según se ha visto anteriormente, la relación entre presión y temperatura se mantiene constante. De esta forma, zonas de temperaturas altas o bajas implican zonas de presiones altas o bajas, respectivamente. También hay que recordar que un aumento de la velocidad del compresor (7) implica un aumento de la presión de condensación y una disminución de la presión de evaporación, lo que implica que la relación de compresión aumenta también.

ZONA 1: La temperatura de condensación y, por lo tanto, la presión de condensación, es muy elevada. Para evitar que se dispare la alarma de alta presión, la presión de

condensación se debe reducir, para lo cual se reduce la velocidad del compresor (7), por ser directamente proporcional, hasta el límite inferior establecido.

Si se llega a este límite inferior de velocidad mínima y el compresor (7) sigue sin salir de la zona 1, se da orden de abrir la válvula de expansión (3) electrónica del equipo de refrigeración para intentar disminuir la presión de alta y que el compresor se posicione en la zona ÓPTIMA. La apertura de esta válvula (3) está limitada por el valor de recalentamiento, asegurando siempre un valor positivo para que no se cree retorno de líquido refrigerante al compresor (7). El recalentamiento es la diferencia entre la temperatura a la salida del evaporador y la temperatura de evaporación a la entrada del evaporador. Se puede considerar como el exceso desde la temperatura de evaporación, lo que da un margen para que el vapor no se vuelva a transformar en líquido.

Si estas acciones no posicionan al compresor (7) de vuelta al área ÓPTIMA en el tiempo predeterminado, se debe parar el compresor (7) y emitir un mensaje de alarma.

ZONA 2: La temperatura de condensación y, por lo tanto, la presión de condensación, es muy baja. Para evitar que se dispare la alarma de baja presión, como primera acción se da orden de cerrar la válvula de expansión (3) electrónica del equipo de refrigeración, con objeto de crear una obstrucción que aumente la presión de condensación. El límite de esta acción se establece por la rutina existente en la válvula de expansión (3) condicionado por el valor máximo de recalentamiento.

El funcionamiento de esta rutina es según se describe a continuación. Al cerrar la válvula de expansión (3), pasa menos refrigerante por el evaporador (1), por lo que aumenta el valor de recalentamiento.

La válvula de expansión (3) cierra hasta que se alcanza el valor de máximo recalentamiento, momento en el cual abre lo necesario para no sobrepasar dicho valor máximo.

Esto es necesario de controlar ya que mantener valores de recalentamiento superiores al valor máximo de recalentamiento puede implicar un calentamiento excesivo del compresor, dado que el compresor (7) se refrigera por el propio refrigerante que lo atraviesa.

Si, tras cerrar la válvula de expansión (3), no se consigue aumentar la presión de condensación en un periodo de tiempo determinado, se debe aumentar la velocidad del

compresor (7) y, al aumentar la presión de condensación, volver a abrir la válvula de expansión (3) de forma que se alcance un valor determinado de la presión de condensación y, por consiguiente, de la temperatura de condensación, dentro de la zona ÓPTIMA.

- 5 Si estas acciones no posicionan al compresor (7) de vuelta al área ÓPTIMA en el tiempo predeterminado, se debe parar el compresor (7) y emitir un mensaje de alarma.

10 ZONA 3: La temperatura de evaporación y, por lo tanto, la presión de evaporación, es muy baja. Por ello, se debe aumentar la velocidad del compresor (7) hasta el límite superior establecido para disminuir la presión de evaporación y, por lo tanto, la temperatura de evaporación.

15 Si con esta acción no se consigue elevar la temperatura de evaporación, se debe abrir la válvula de expansión (3), teniendo como límite el valor positivo de recalentamiento. De esta forma, al pasar más volumen de refrigerante al evaporador (1), aumenta la presión de evaporación y, por lo tanto, aumenta también la temperatura de evaporación hasta entrar el compresor (7) en el área ÓPTIMA de funcionamiento.

20 Si estas acciones no posicionan al compresor (7) de vuelta al área ÓPTIMA en el tiempo predeterminado, se debe parar el compresor (7) y emitir un mensaje de alarma.

25 ZONA 4: La temperatura de evaporación y, por lo tanto, la presión de evaporación, es muy elevada. Por ello, se debe disminuir la velocidad del compresor (7) para aumentar la presión de evaporación y, por lo tanto, la temperatura de evaporación hasta llevar al compresor al área ÓPTIMA de funcionamiento.

30 Si con esta acción no se consigue llevar al compresor al área ÓPTIMA, se debe cerrar la válvula de expansión (3), teniendo como límite el valor máximo de recalentamiento, de forma que disminuya la presión de evaporación y, por lo tanto, la temperatura de evaporación.

Si estas acciones no posicionan al compresor (7) de vuelta al área ÓPTIMA en el tiempo predeterminado, se debe parar el compresor (7) y emitir un mensaje de alarma.

35 ZONA 5: La relación de compresión es muy baja. Por ello, se debe aumentar la velocidad del compresor (7), de forma que la relación de compresión aumente. De esta forma, la temperatura de evaporación disminuye y la temperatura de condensación aumenta.

Si esta acción no posiciona al compresor (7) de vuelta al área ÓPTIMA en el tiempo predeterminado, se debe parar el compresor (7) y emitir un mensaje de alarma.

- 5 Las funciones de control se llevan a cabo mediante sistemas electrónicos de los conocidos en el estado de la técnica y que, por ello, no se van a describir.

Estableciendo las anteriores rutinas de seguridad, que se activan en caso de que el compresor (7) entre en cualquiera de las zonas peligrosas de funcionamiento 1 a 5
10 descritas, con los límites de funcionamiento impuestos por el propio funcionamiento del compresor (7) y, a partir de los datos de demanda de potencia frigorífica, los equipos de refrigeración se configuran para trabajar en un punto ubicado en la zona ÓPTIMA del gráfico mostrado en la figura 4, basándose en que la demanda real de potencia frigorífica es directamente proporcional a la velocidad del compresor (7) y, por tanto, a la potencia del
15 compresor (7) según se refleja en la figura 5 donde, en el eje de abscisas, se refleja la potencia demandada P_D y, en el de ordenadas, la potencia del compresor P_c y la velocidad del compresor V_c .

De esta forma, en el sistema de control se establece un parámetro programable con el dato
20 de la demanda de potencia frigorífica, aumentada mediante un factor de ajuste para tener en cuenta las pérdidas del sistema, especialmente debidas a ensuciamiento y envejecimiento del sistema.

Se debe tener en cuenta que la limitación en la velocidad del compresor (7) no se considera
25 cuando el compresor (7) entra a trabajar fuera de la zona ÓPTIMA de funcionamiento establecida en la figura 4, de forma que no se discrimine ninguna de las herramientas posibles para volver a la zona ÓPTIMA de trabajo en el menor tiempo posible.

El punto de trabajo en el que se posiciona el compresor (7) debe estar compensado entre la
30 temperatura o set de consigna, preestablecida por el usuario, y la temperatura marcada por la sonda de temperatura de la unidad refrigeradora (4), o temperatura real a la que se encuentra dicha unidad refrigeradora (4), para lo que se deben establecer una serie de parámetros como son la zona muerta o rango de temperatura a partir de la temperatura de consigna dentro del cual la unidad refrigeradora (4) no hace ninguna acción, y el diferencial,
35 temperatura que marca el punto de trabajo en el que el compresor (7) debe trabajar en el límite máximo permitido, alcanzando un régimen de velocidad de funcionamiento al 100% de

lo permitido. La zona muerta se establece para que el compresor (7) no tenga que estar variando las condiciones de trabajo por pequeñas variaciones de temperatura que no tienen importancia. Es un valor que se suele establecer en 0,5 grados. El diferencial se utiliza como el incremento máximo de temperatura admisible en el que se necesita una disminución rápida de la temperatura. Normalmente, se establece en 1 grado.

En una curva de funcionamiento del compresor (7), además, se tiene en cuenta el límite mínimo de funcionamiento del compresor (7), ya establecido según se ha comentado anteriormente. Este es el régimen por debajo del cual el compresor (7) comienza a sufrir y no debe traspasarse.

Esta situación está representada en la figura 6.

Cuando la temperatura del producto aumenta por encima del valor set de consigna incrementado en el valor de la zona muerta, arranca el compresor en bajo régimen de revoluciones para compensar el aumento de temperatura sufrido. Si la temperatura continúa aumentando, el compresor va aumentando de revoluciones de forma que, si se llega al diferencial, el compresor (7) llega al límite máximo de funcionamiento, al 100% del régimen admisible. Cuando disminuye la temperatura, disminuyen las revoluciones del compresor (7). El compresor (7) se detiene al llegar a alcanzar el set de consigna. Debe notarse que el compresor (7) también podría detenerse si llega al límite mínimo antes de haber llegado al set de consigna, sin que el circuito mostrado variase mucho.

Además, se consideran no solo las aceleraciones, positivas y negativas, del compresor (7), sino también la velocidad con la que se producen, es decir, las sobreaceleraciones.

Debe tenerse en cuenta que la situación que se ha descrito es válida para un equipo de refrigeración que esté enfocado en refrigerar un único espacio y también para varios espacios pudiendo, en este último caso, estar enfocada en la variación de la velocidad del compresor (7) o de la apertura y cierre de la válvula de expansión (3) electrónica.

Haciendo referencia a la velocidad del compresor (7), en la figura 7 se ha representado esta situación, basada en la figura 5, donde puede verse que la potencia frigorífica demandada está limitada por la suma de las diferentes potencias frigoríficas demandadas por cada uno de los espacios a refrigerar, de forma que la potencia total demandada al compresor (7) en

cada instante es la suma de las potencias instantáneas demandadas en cada uno de los espacios a refrigerar conectados a la unidad refrigeradora (4).

La demanda de potencia frigorífica de cada espacio a refrigerar se realiza con los mismos criterios descritos más arriba, pudiendo ser cada uno de los parámetros definidos para las condiciones de trabajo, es decir, set, diferencial y zona muerta, distintos en cada uno de los servicios de frío, ya que, en situaciones reales de funcionamiento es la forma en la que se producirá el servicio.

Haciendo referencia a la válvula de expansión (3) electrónica, la variación de la velocidad del compresor (7) influye también en la apertura o cierre de dicha válvula (3), en cuanto que con ella se controla la distribución del volumen de refrigerante movido por el compresor (7) en los diferentes espacios a refrigerar. También hay que considerar que, por la propia instalación de tubería frigorífica, es necesario asegurar que el refrigerante se distribuye de forma correcta. Así, según la demanda de potencia frigorífica disminuya se debe cerrar la válvula (3) y, según la demanda aumente, la válvula (3) se debe abrir.

Con el compresor (7) parado, las válvulas de expansión (3) se encuentran cerradas. Previamente al arranque del compresor (7), la válvula de expansión (3) se posiciona abierta un porcentaje determinado que es programable en cantidad y en tiempo, independientemente de las curvas de trabajo y de las limitaciones descritas.

La operativa de la válvula de expansión (3) se encuentra limitada siempre por el hecho de estar enfocada en mantener el recalentamiento positivo, y por las situaciones enfocadas a la protección de compresor (7) debido a su situación de trabajo.

La última mejora implementada en la presente invención consiste en el tratamiento de los desescarches.

Los parámetros de programación de desescarches pueden ser diferentes de un espacio refrigerado a otro.

Para evitar funcionamientos anómalos, cuando uno de los servicios se encuentra en realización de desescarche siempre se encontrará la válvula de expansión (3) cerrada.

La presente invención no debe verse limitada a la forma de realización aquí descrita. Otras

configuraciones pueden ser realizadas por los expertos en la materia a la vista de la presente descripción. En consecuencia, el ámbito de la invención queda definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de regulación de un compresor inverter (7) de un sistema de refrigeración que comprende una válvula de expansión (3) definido por una temperatura de evaporación T_e , una temperatura de condensación T_c , una velocidad del compresor (7) v_c y una relación de compresión r_c , **caracterizado** por que comprende las siguientes etapas:

a) establecer una zona de trabajo mediante unos valores predeterminados de:

- unas temperaturas de evaporación T_e mínima y máxima,
- unas temperaturas de condensación T_c mínima y máxima,
- unas velocidad del compresor (7) v_c mínima y máxima, y
- una relación de compresión r_c máxima que define la relación entre una temperatura de evaporación T_e y una temperatura de condensación T_c determinadas,
- un valor de recalentamiento máximo,

b) medir los valores de trabajo del compresor (7) en cuanto a:

- la temperatura de evaporación T_e ,
- la temperatura de condensación T_c , y
- la relación de compresión r_c ,

donde,

si el compresor (7) se encuentra trabajando en valores fuera de la zona de trabajo establecida, el procedimiento comprende la etapa adicional de:

c) proceder a modificar los parámetros de trabajo del compresor (7) actuando sobre elementos a seleccionar entre:

- la velocidad del compresor (7) v_c ,
- el grado de apertura de la válvula de expansión (3), y
- una combinación de las anteriores.

de forma que,

si el compresor (7) no vuelve a estar trabajando en valores dentro de la zona de trabajo establecida en un tiempo determinado, el compresor (7) se detiene y se activa una alarma.

2. Procedimiento de regulación de un compresor inverter (7) de un sistema de refrigeración, según la reivindicación 1, **caracterizado** por que si la temperatura de condensación T_c de trabajo del compresor (7) es superior a la temperatura de condensación T_c máxima establecida, la etapa c) consiste en proceder a bajar la velocidad del compresor (7) v_c hasta el mínimo establecido.

3. Procedimiento de regulación de un compresor inverter (7) de un sistema de refrigeración, según la reivindicación 2, **caracterizado** por que, si la temperatura de condensación T_c de trabajo del compresor (7) es superior a la temperatura de condensación T_c máxima establecida, el procedimiento, tras la etapa c) y antes de considerar la situación del compresor en la zona de trabajo, comprende la siguiente etapa adicional:

d) abrir la válvula de expansión (3) hasta alcanzar el valor de recalentamiento máximo predeterminado.

4. Procedimiento de regulación de un compresor inverter (7) de un sistema de refrigeración, según la reivindicación 1, **caracterizado** por que si la temperatura de condensación T_c de trabajo del compresor (7) es inferior a la temperatura de condensación T_c mínima establecida, la etapa c) consiste en proceder a cerrar la válvula de expansión (3).

5. Procedimiento de regulación de un compresor inverter (7) de un sistema de refrigeración, según la reivindicación 1, **caracterizado** por que si la temperatura de evaporación T_e de trabajo del compresor (7) es inferior a la temperatura de evaporación T_e mínima establecida, la etapa c) consiste en proceder a aumentar la velocidad del compresor v_c hasta el máximo establecido.

6. Procedimiento de regulación de un compresor inverter (7) de un sistema de refrigeración, según la reivindicación 5, **caracterizado** por que, si la temperatura de evaporación T_e de trabajo del compresor (7) es inferior a la temperatura de evaporación T_e mínima establecida, el procedimiento, tras la etapa c) y antes de considerar la situación del compresor en la zona de trabajo, comprende la siguiente etapa adicional:

d) abrir la válvula de expansión (3) hasta alcanzar el valor de recalentamiento máximo predeterminado.

7. Procedimiento de regulación de un compresor inverter (7) de un sistema de refrigeración, según la reivindicación 1, **caracterizado** por que si la temperatura de evaporación T_e de trabajo del compresor (7) es superior a la temperatura de evaporación T_e máxima establecida, la etapa c) consiste en proceder a bajar la velocidad del compresor v_c hasta el mínimo establecido.

8. Procedimiento de regulación de un compresor inverter (7) de un sistema de refrigeración, según la reivindicación 1, **caracterizado** por que si la relación de compresión r_c de trabajo del compresor (7) es inferior a la relación de compresión r_c mínima establecida,

la etapa c) consiste en proceder a subir la velocidad del compresor v_c hasta el máximo establecido.

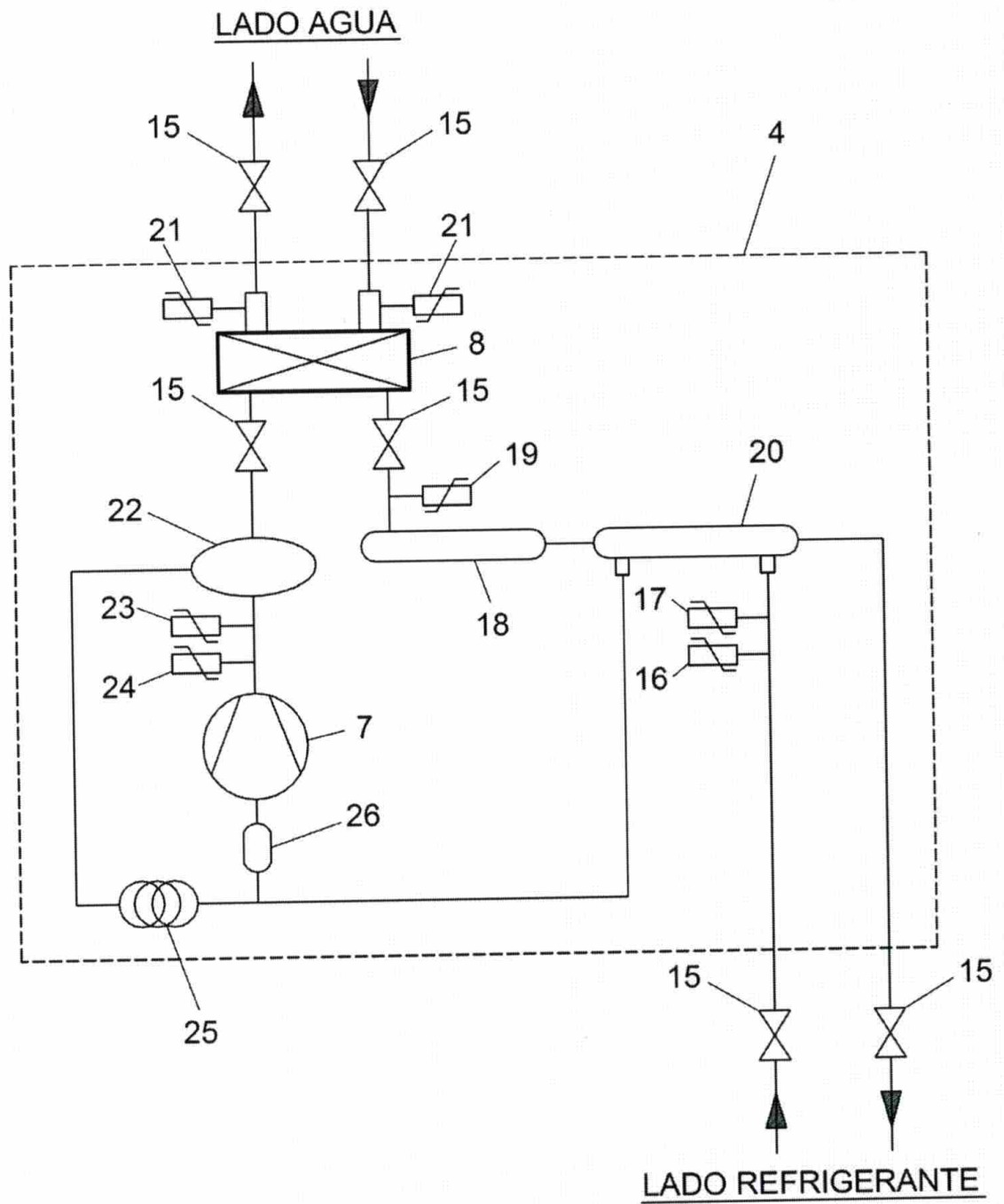


FIG. 1

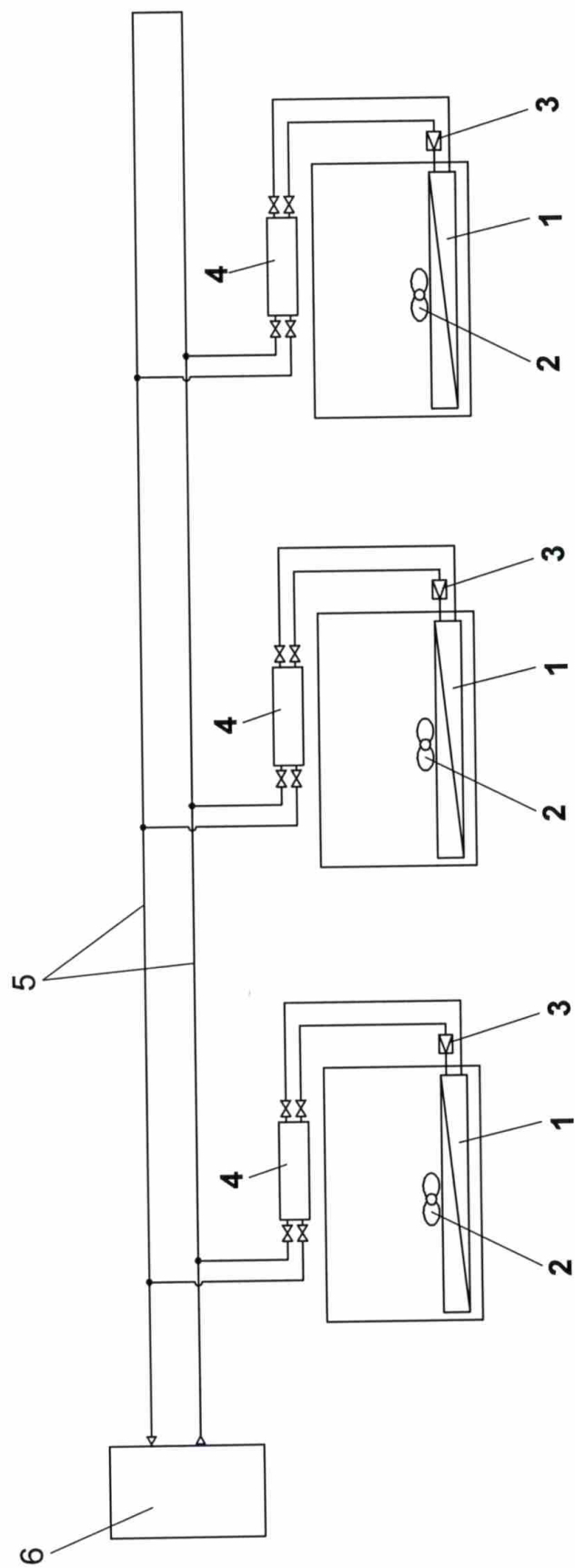


FIG. 2

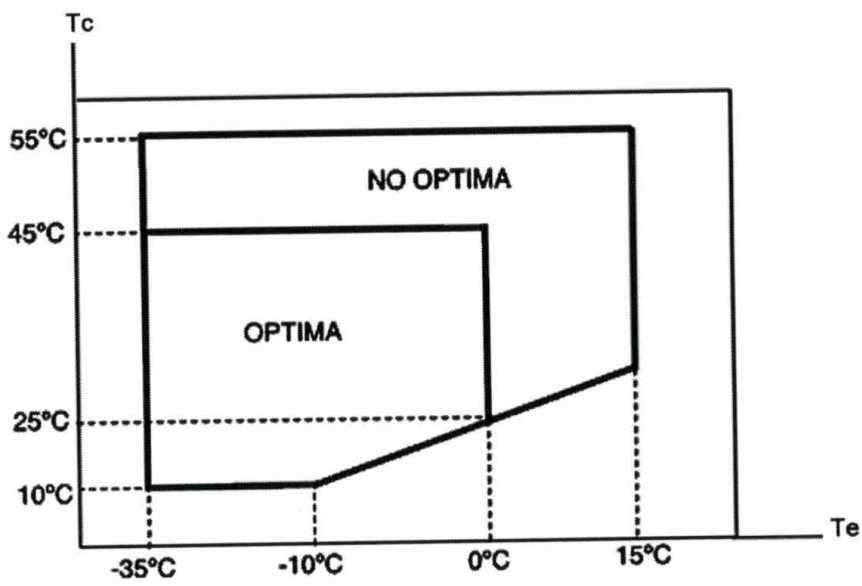


FIG. 3

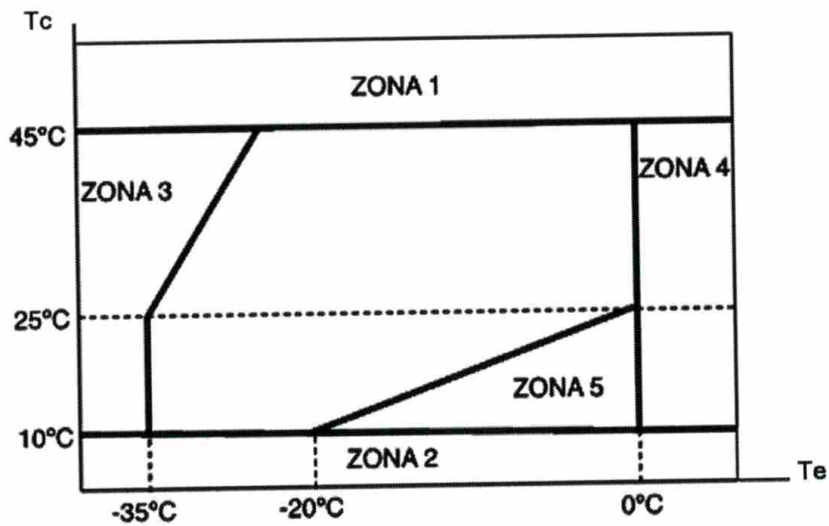


FIG. 4

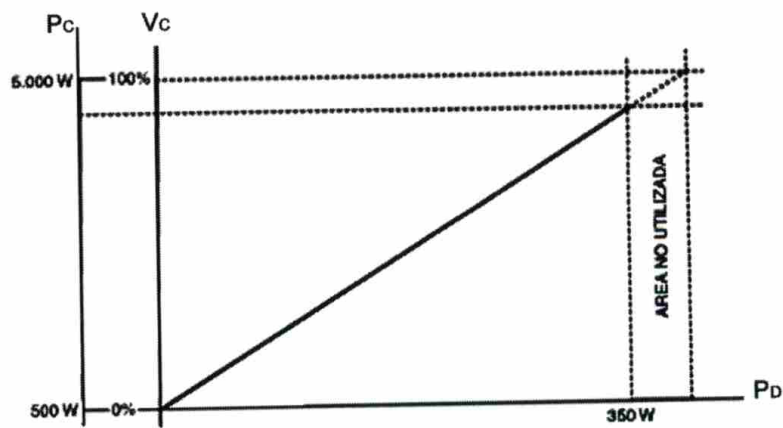


FIG. 5

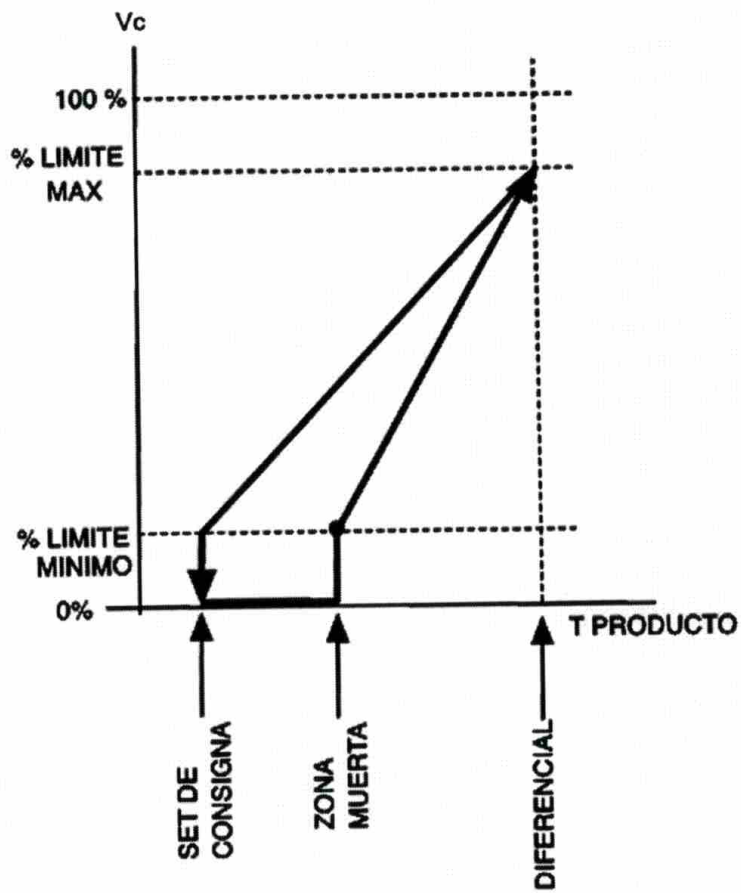


FIG. 6

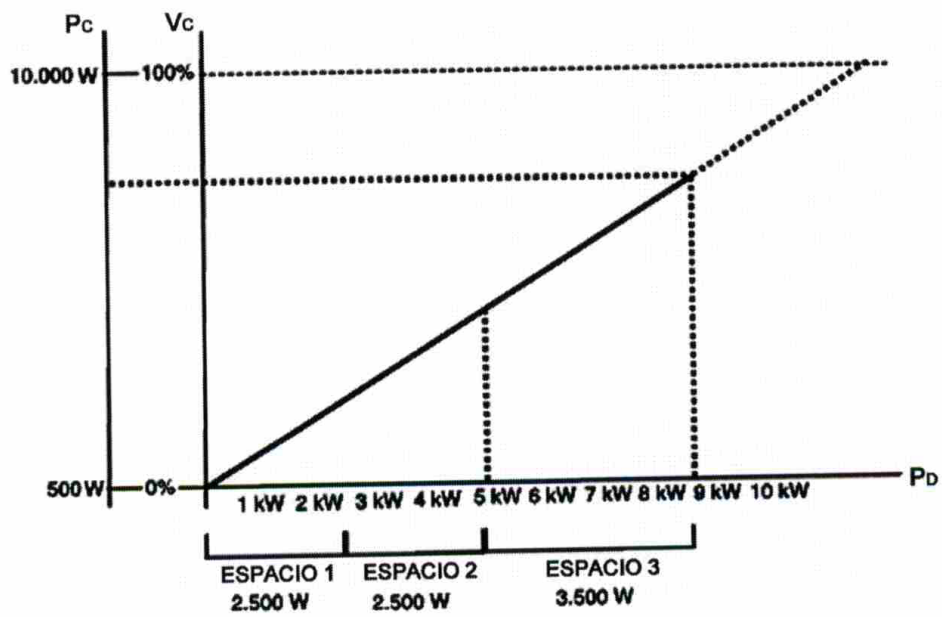


FIG. 7